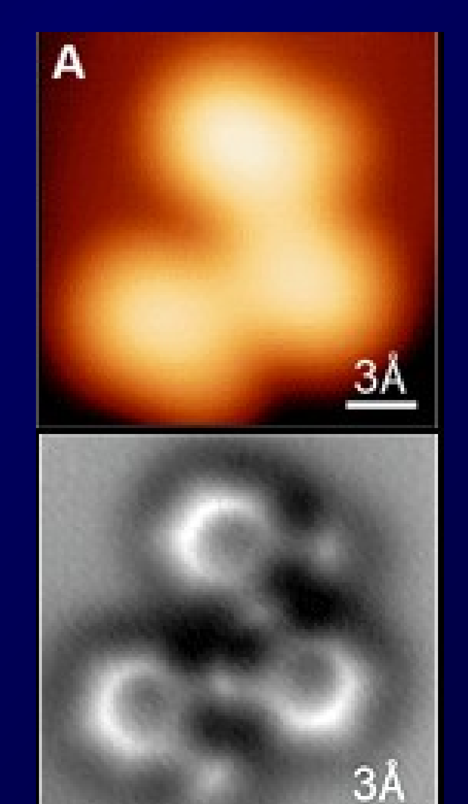
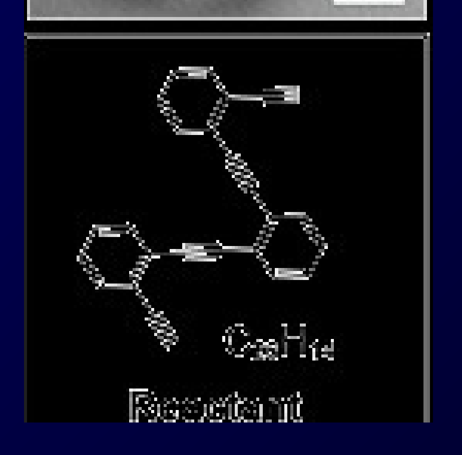
¿Cuál es la composición química de los Seres Vivos?

Nivel de Organización “Molécula”, PMO





M. en C. Rafael Govea Villaseñor
Por el CINVESTAV
Biólogo por la UAM-I

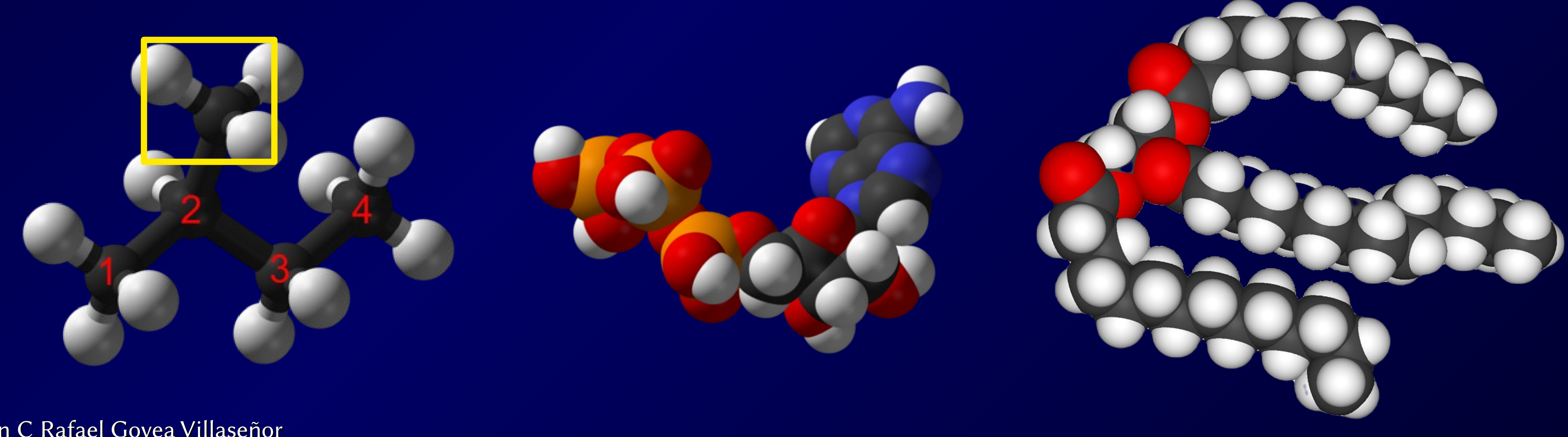
Versión 3.5 del 2009-09-28 al 2023-02-08

¿Qué son las Pequeñas Moléculas Orgánicas (PMO)?

Son sustancias con ≈≤ 50 átomos de Carbono reducido (unidos a hidrógenos) y...

Una Masa Molecular ≈≤ 1000 umas.

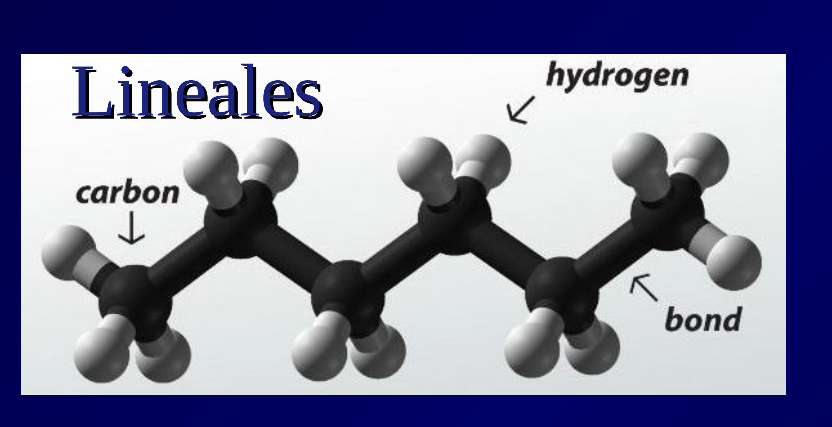
Unas mil están presentes en casi todas las células.



M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Químicamente qué son las Pequeñas Moléculas Orgánicas (PMO)?

Son fundamentalmente hidrocarburos (*hidro-* = hidrógeno, *carb-* = carbono y la terminación *-uro* = solamente) con algunos átomos de hidrógeno sustituidos por átomos de otros elementos.





Ramificados



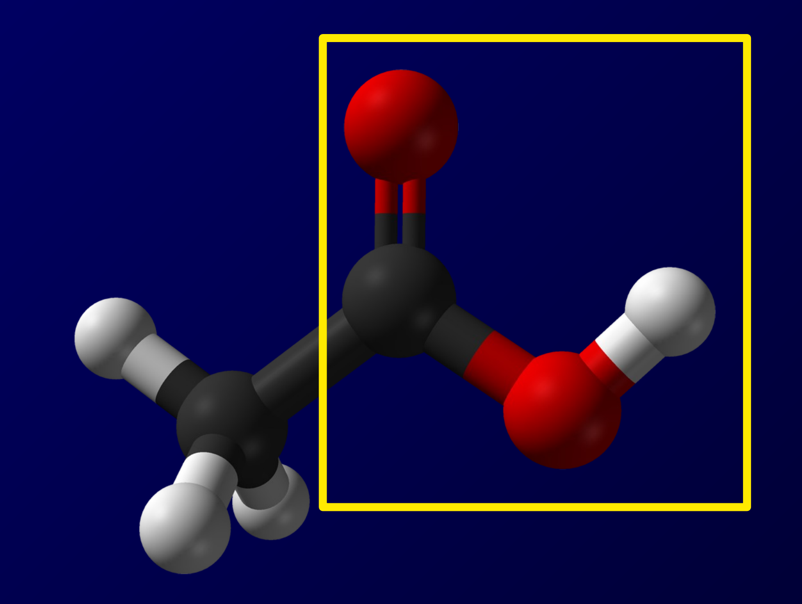
Cíclicas

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿De qué dependen las propiedades de las PMO?

Las propiedades Físico-químicas de las PMO surgen de su masa y de los distintos grupos funcionales que poseen.

Las PMO se clasifican en familias de compuestos de acuerdo a sus grupos químicos funcionales



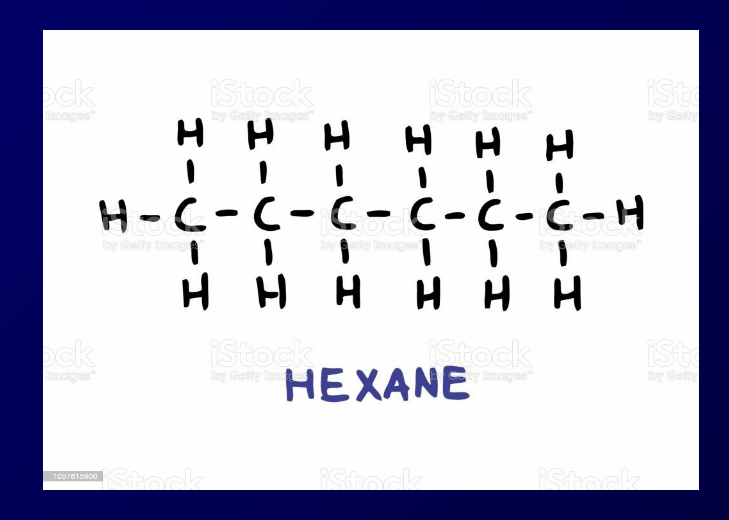
Como el grupo ácido Carboxílico: -COOH

M en C Rafael Govea Villaseñor

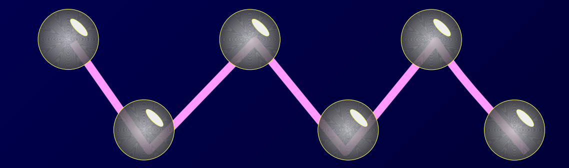
¿Cómo se representan las PMO?

- Por **Fórmulas** que informan de los elementos que conforman las moléculas y cómo están unidos los átomos.
  - Fórmulas Mínimas. #de átomos de c/elemento
  - Fórmulas Estructurales. Indican, además los enlaces entre los átomos
    - Desarrolladas
    - Condensadas y
    - Simplificadas

C_6H_{14}



$CH_3\text{-}(CH_2)_4\text{-}CH_3$



Pros y Contras de las Fórmulas Mínimas

Son fáciles de escribir, pero por ejemplo la fórmula:

C_2H_6O

Representa a varios compuestos isómeros diferentes con propiedades distintas, incluso múltiplos (*iso-* = igual, mer- = parte y *-eros* = los que)

CH_3-CH_2-OH

Etanol

T_{eb} = 78.4 ºC

Líquido

Soluble en H_2O

Los biólogos las usamos cuando sabemos a cual compuesto isómero nos referimos

CH_3-O-CH_3

Dimetiléter

T_{eb} = -23.6 ºC

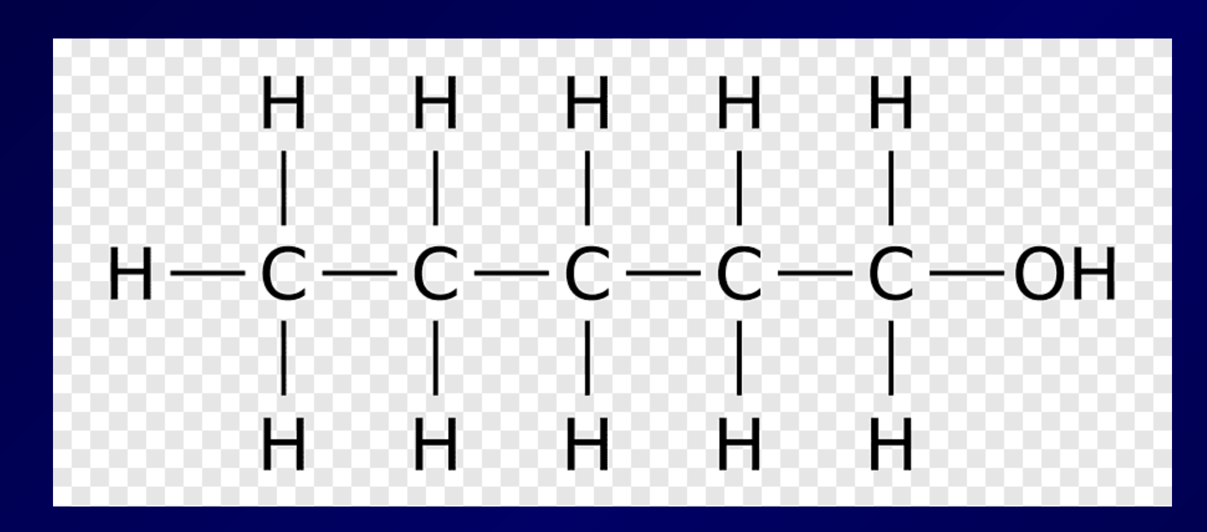
gas

Poco soluble en agua

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué fórmulas usamos en Biología?

A veces usamos Fórmulas Estructurales Desarrolladas

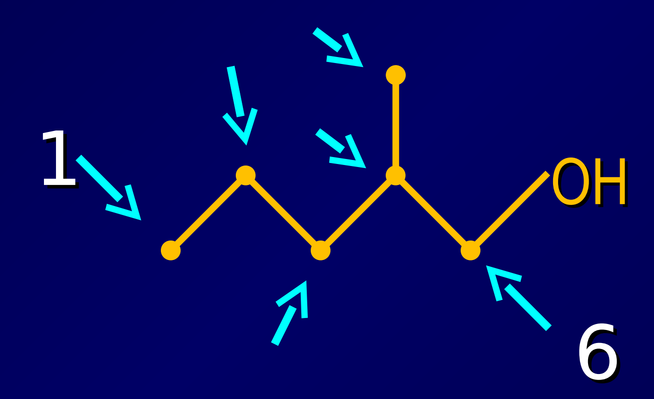


Más frecuentemente las Fórmulas Estructurales Condensadas

CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH

Cuando necesitamos saber qué átomo de carbono está unido con cual otro sin requerir la dirección espacial de los enlaces.

En Biología usamos con frecuencia Fórmulas Estructurales Simplificadas

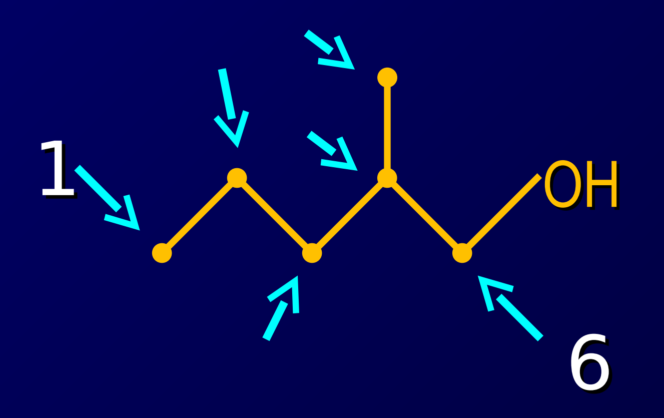


Cuando necesitamos escribir rápido para tener un visión general de la estructura de la molécula.

¿En las Fórmulas Estructurales Simplificadas se escriben símbolos?

Si y No. No se escriben los símbolos del carbono, ni los símbolos de los hidrógenos enlazados a estos.

Sólo se dibujan los enlaces C-C. En cada vértice y extremo hay un átomo de C



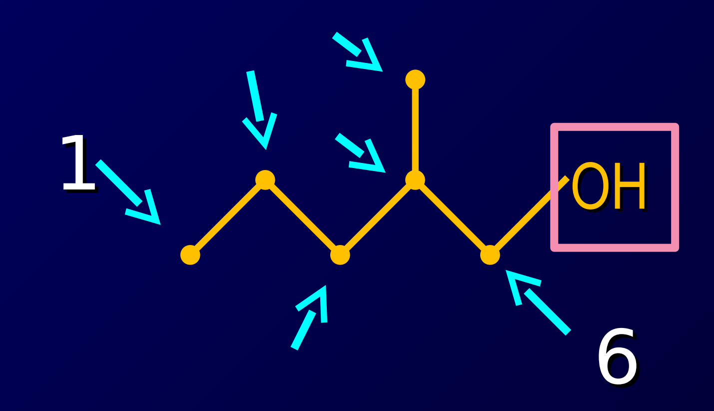
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿En las Fórmulas Estructurales Simplificadas anotamos símbolos de elementos?

Sólo los símbolos de los demás elementos (incluso del H unido a ellos). Por ejemplo:

$$
\begin{array}{c}
\qquad\qquad\qquad CH_3 \\
\qquad\qquad\qquad | \\
CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}CH_2\text{-}OH
\end{array}
$$

es igual a



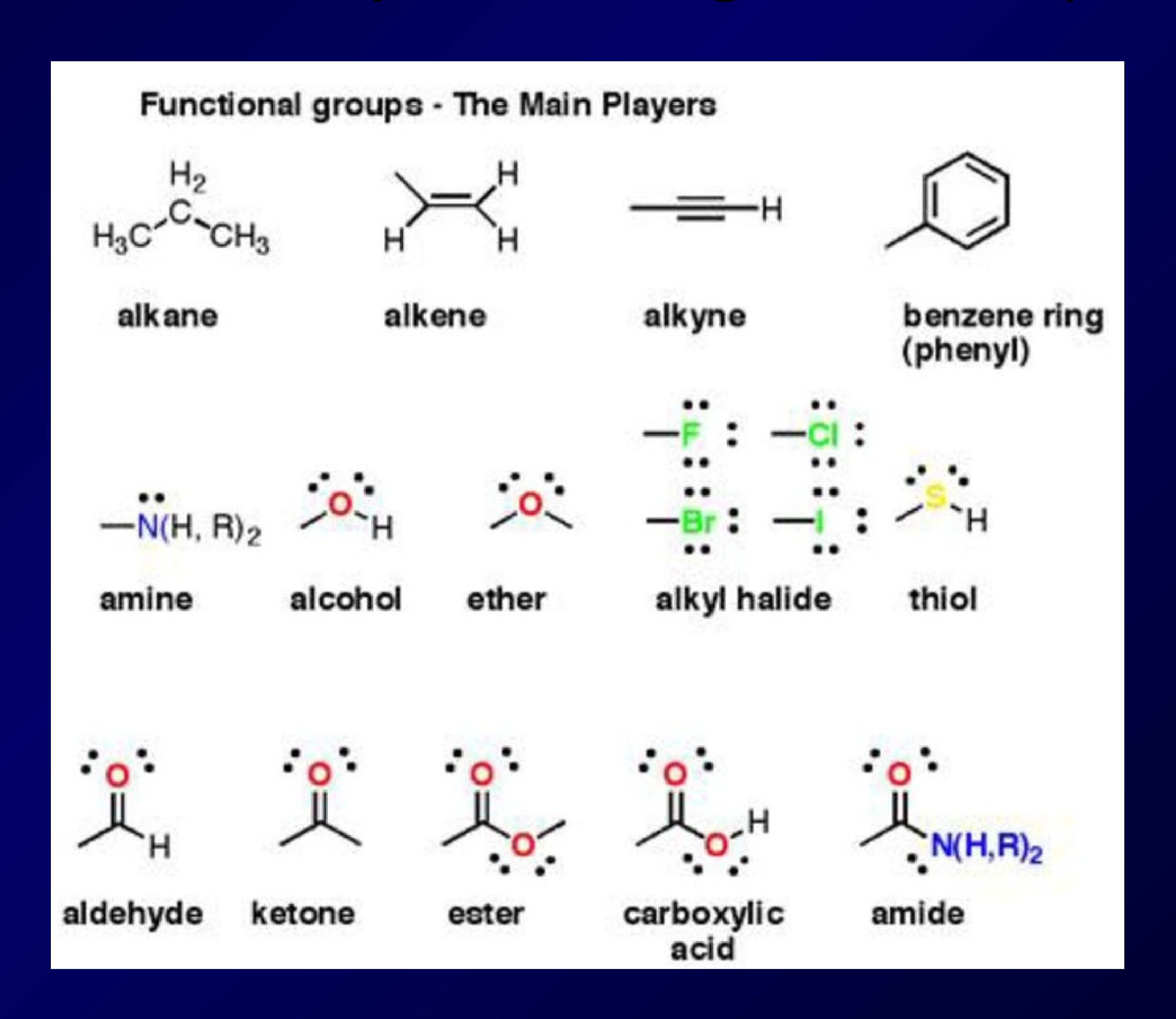
M en C Rafael Govea Villaseñor

Composición química de una célula de *Escherichia coli*

Categoría	Compuesto	# de tipos de moléculas (%)
PMI	Agua (H_2O)	1 (70%)
PMI	Iónes inorgánicos	20 (1%)
PMO	Monosacáridos y precursores	200 (6% todas las PMO)
PMO	Aminoácidos y precursores	100
PMO	Nucleótidos y metabolitos	200
PMO	Lípidos y precursores	50
PMO	Otros compuestos	200

¿Cuántas familias de Compuestos orgánicos hay?

Muchas, pero no podemos presentarles aquí



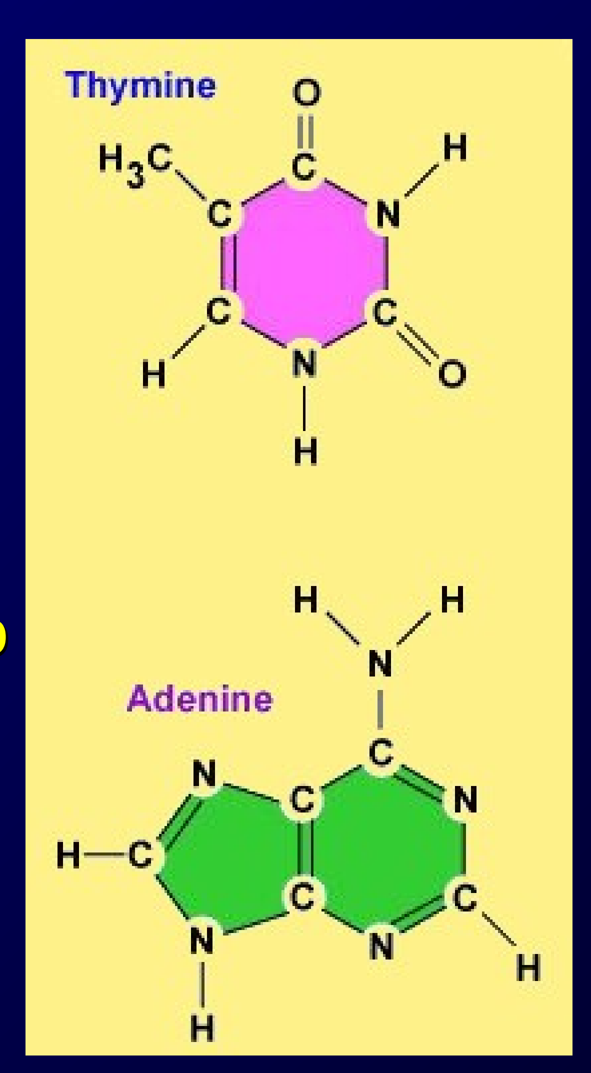
Principales PMO

Orden arbitrario:

- Lípidos (grasas)
  - PMO químicamente diversas con estructura anfipática
- Monosacáridos
  - Aldehidos o cetonas polihidroxiladas
- Aminoácidos
  - PMO con ambos grupos: amino y ácido carboxílico
- Bases Nitrogenadas
  - PMO con 1 o 2 Heterociclos fusionados con átomos de N y otros grupos
- Nucleótidos
  - PMO con una pentosa + base nitrogenada + 1, 2 ó 3 grupos fosfatos

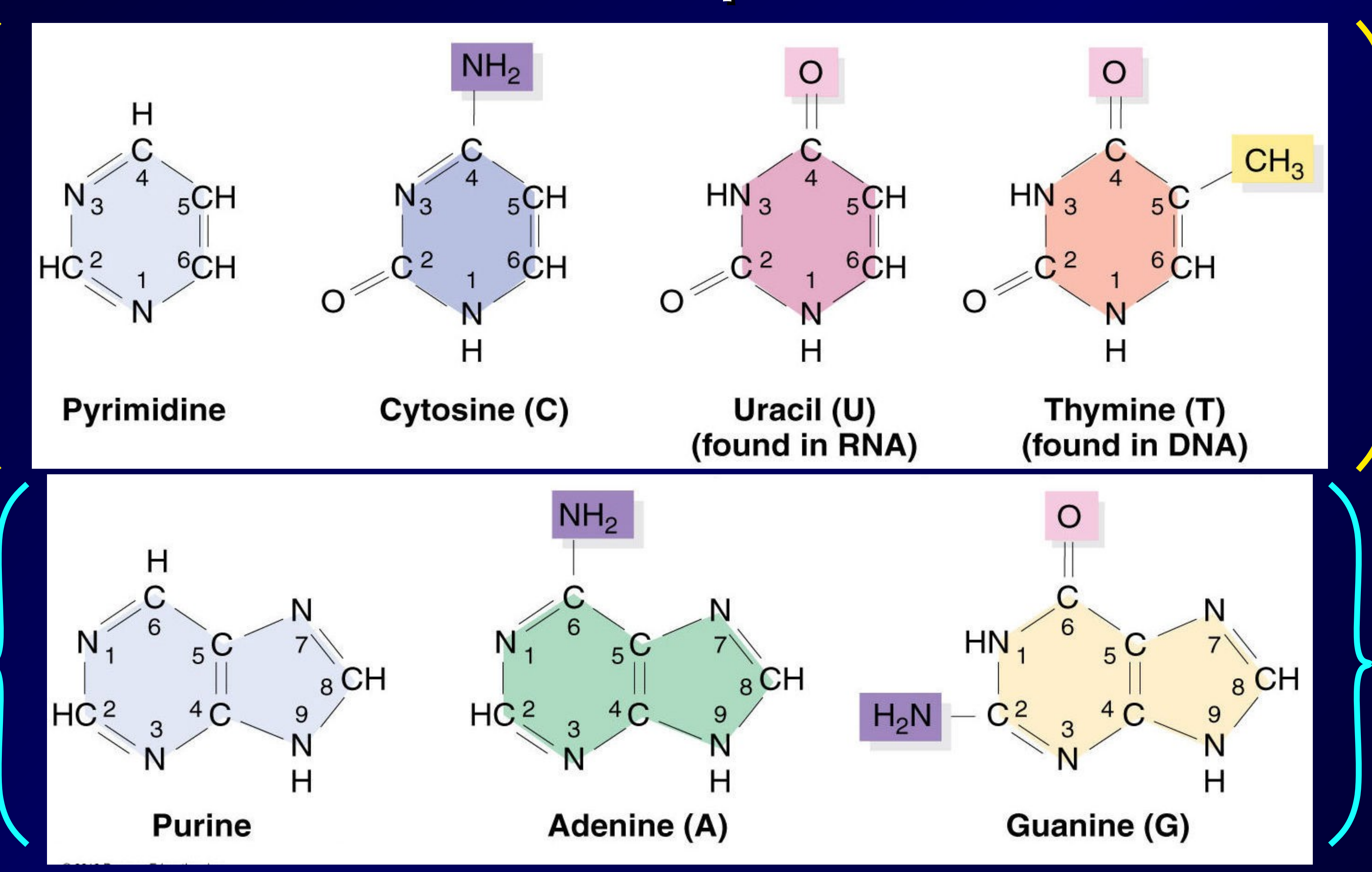
¿Qué son las Bases Nitrogenadas?

- Son PMO que poseen varios grupos aminos ($-NH_x$)
- Poseen átomos de O y N ademas de Hidrógenos formadores de Puentes de H, por ello son muy solubles en agua.
- Todas las BN son moléculas heterocíclicas (contienen átomos diferentes al C, como el N)
- Tienen varios N que pepenan H^+ de ahí su carácter básico
- Hay 2 familias, entre muchas según sus heterociclos (#, tipo, heteroátomos…): Purinas y Pirimidinas
- Citaremos sus nombres propios tradicionales, no su nombre IUPAC



M en C Rafael Govea Villaseñor

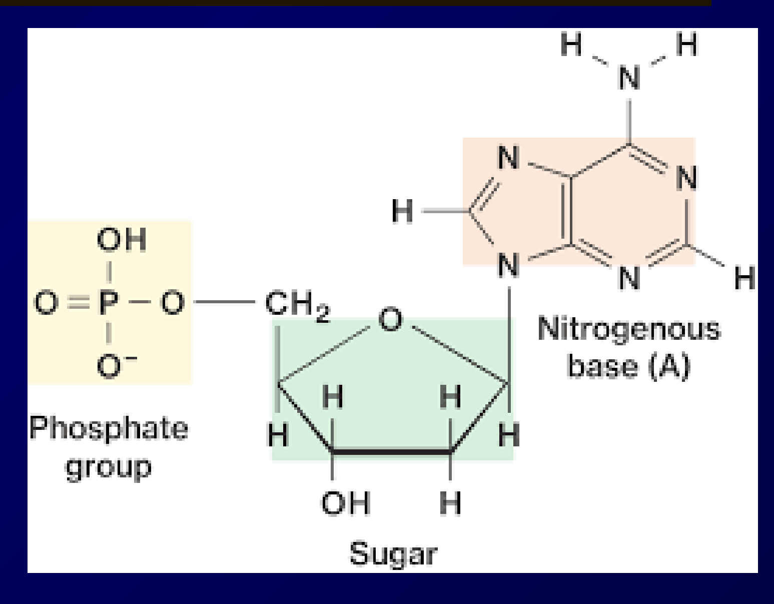
Las 2 Familias > importantes de BN:

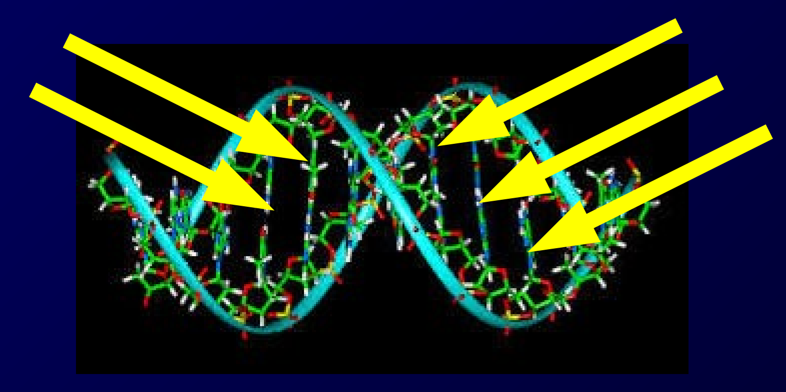


M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Por qué son importantes las Bases Nitrogenadas?

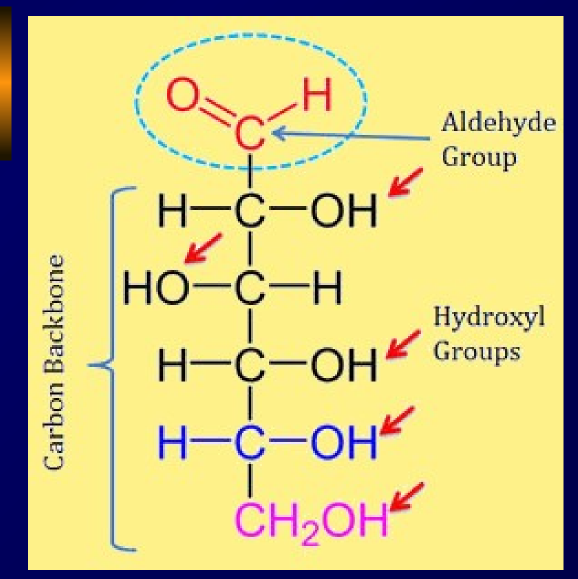
- Las Bases Nitrogenadas (BN) son PMO precursoras de otras sustancias relevantes:
  - BN → Nucleótidos → Ácidos nucleicos
- Las Bases Nitrogenadas son importantes porque con ellas se escribe la información genética en los organismos: "GACUT"

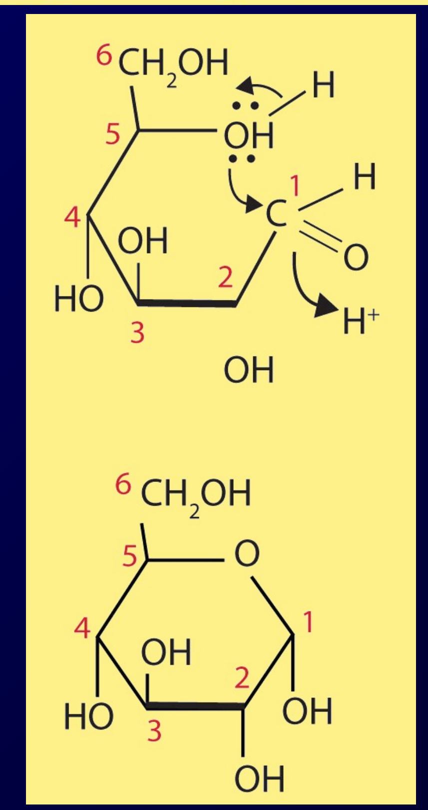




¿Qué son los Monosacáridos?

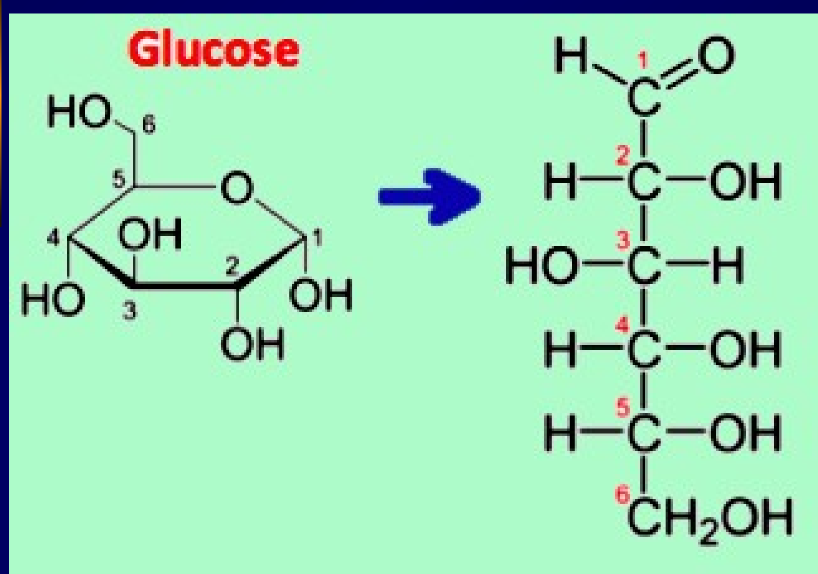
- **Son PMOs que poseen varios grupos alcohol (-OH) y un grupo aldehido (-CHO) o cetona (-CO-)**
- **Son carbohidratos, moléculas con el equivalente de 1 H_2O por c/carbono. $C_n*H_{2n}O_n$**
- **Poseen Hidrógenos formadores de Puentes de H, por ello son muy solubles en agua.**
- **Cuando son puros tienen moléculas lineales y en disolución acuosa forman heterociclos**
- **Hay 2 familias: Aldosas y Cetosas (*-osa* = azúcar)**
- **También se clasifican por su # de carbonos: Triosas, Tetrosas, Pentosas, Hexosas, Heptosas…**

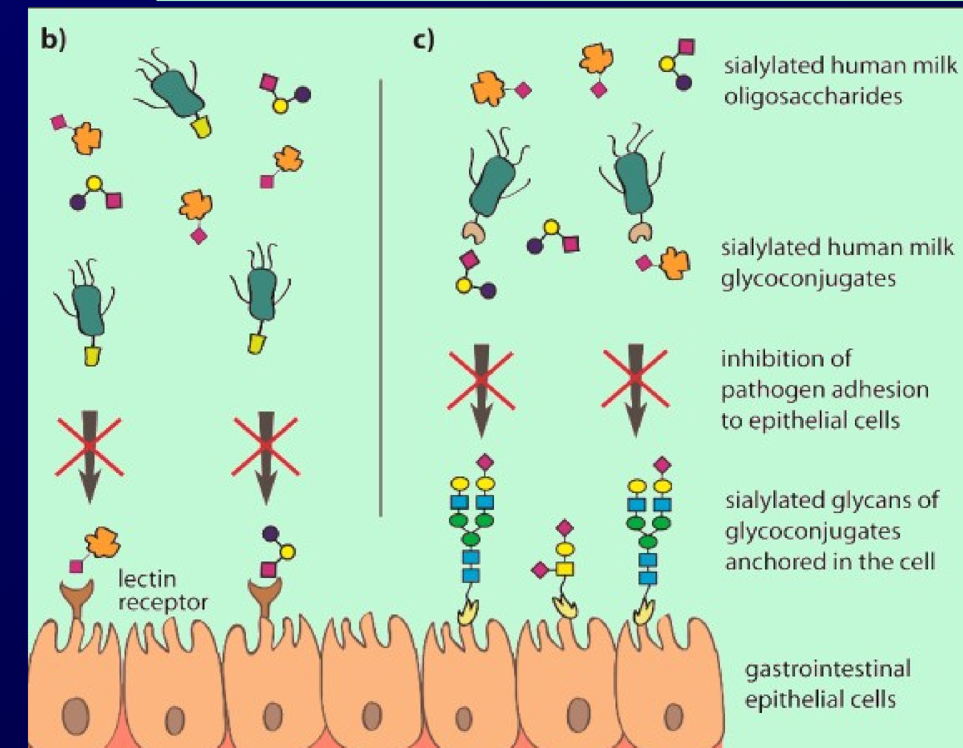




¿Cuáles son las funciones de los Monosacáridos?

- Energética
  - Almacenar energía química a corto plazo, 4 Kcal/g; en la sangre hay 100 mg/dL de glucosa y > 126 implica diabetes
- Estructural
  - Con monosacáridos se arman polisacáridos (poli- = muchos, sacar- = azucar e -ido = tener), Nucleótidos y a través de éstos, los Ácidos Nucleicos.
- Marcadora
  - Las células y las proteínas expuestas al exterior están "etiquetadas" con oligosacáridos para marcar su identidad.



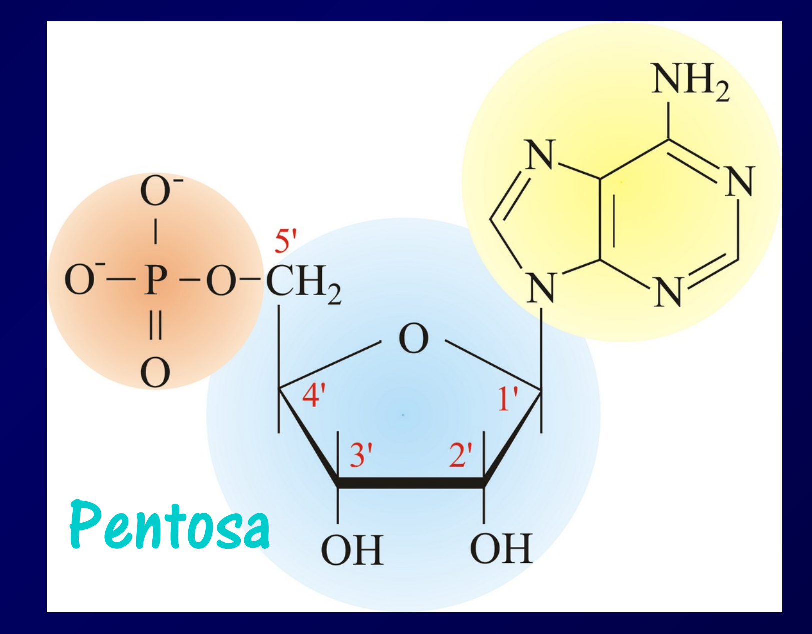


M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué son los Nucleótidos?

- Tienen 3 partes: una pentosa unida a una base nitrogenada y una cadena de 1, 2 ó 3 grupos fosfatos
- Hay 2 familias: Ribonucleótidos, con ribosa y Desoxirribonucleótidos, desoxirribosa
- Las Bases Nitrogenadas son la Guanina, Adenina, Citosina, Uracilo y Timina.

Grupo Fosfato

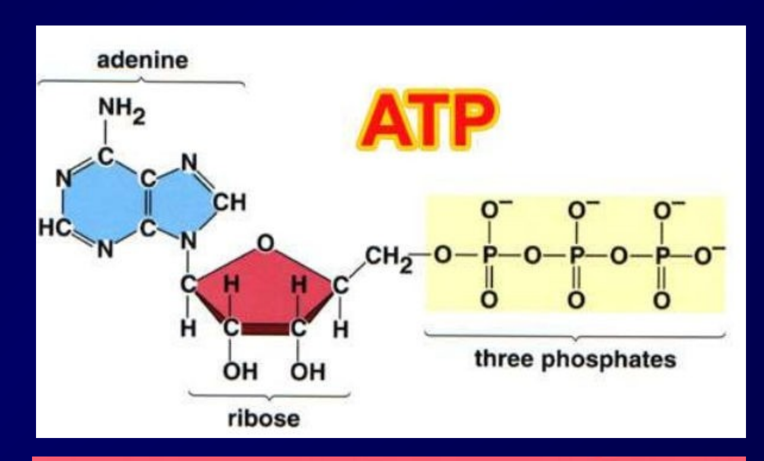


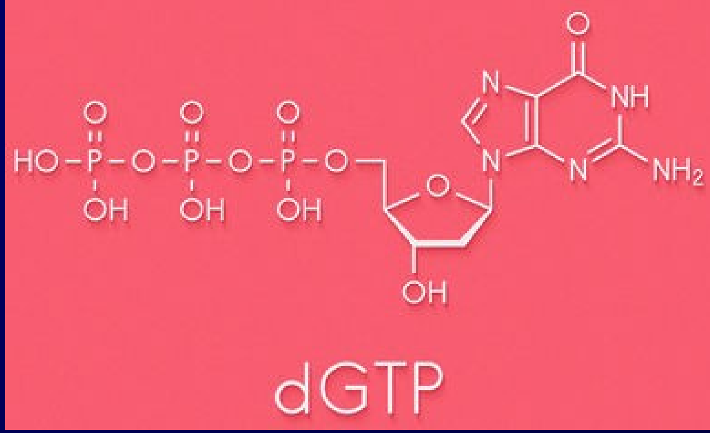
Base Nitrogenada

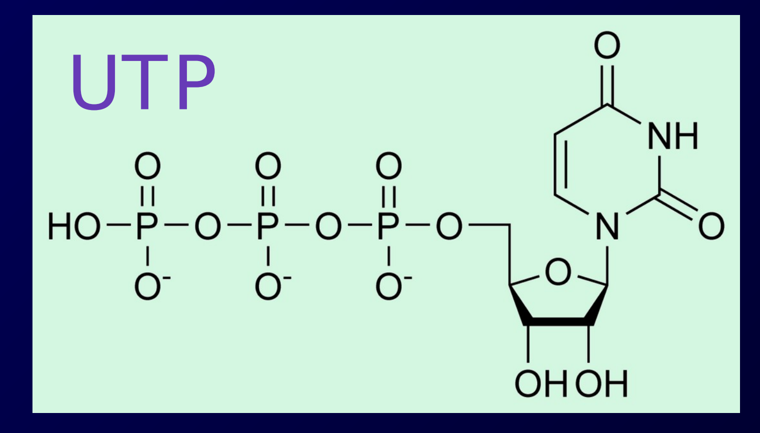
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuáles son las funciones de los Nucleótidos?

- Energética
  - Almacenar energía química a muy corto plazo, 7.3 Kcal/mol. Funcionan como monedas energéticas: ATP, GTP y UTP
- Estructural
  - Con nucleótidos se arman Ácidos Nucleicos: , Ribonucleótidos (GACU) a los ARN y con Desoxirribonucleótidos (GACT) al ADN
- Mensajera
  - Los nucleótidos llevan mensajes entre células o participan en cascadas de señales de la membrana hacia el núcleo celular.



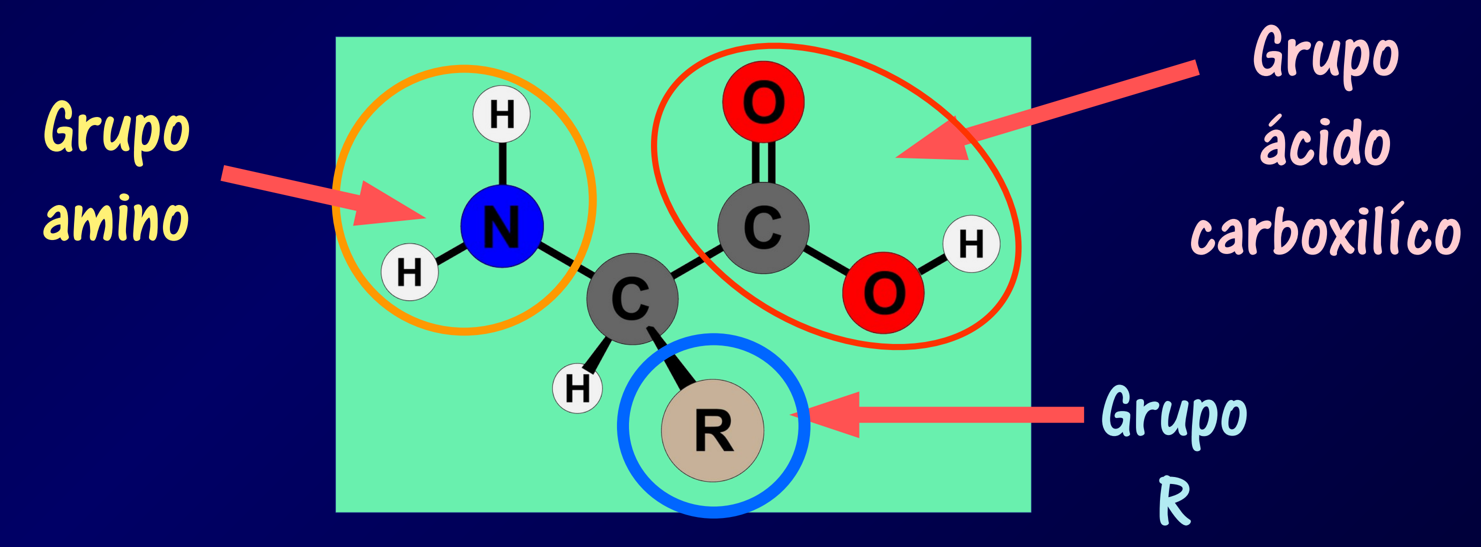




M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué son los Aminoácidos?

- Son PMO que tienen simultáneamente un grupo amina (-NHx) y un grupo ácido (-COOH)
- Los aa más importantes tienen esos grupos unidos al mismo carbono llamado alfa α (alfa-aminoácidos)
- Hay varias familias según la naturaleza química de un grupo R unido al mismo carbono α



¿Cómo se clasifican a los Aminoácidos?

Por la naturaleza química de su Grupo R

* AA Hidrocarbonados: Ala, Gly, Ile, Leu, Val
* AA Hidroxilados: Ser, Thr
* AA Básicos: Arg, Lis, His
* AA Ácidos y derivados: Asp, Asn, Glu, Gln
* AA Aromáticos: Phe, Tyr
* AA Azufrados: Cys y Met
* Iminoácido: Pro

Por su Polaridad

- AA Polares: Los AA ácidos, básicos e hidroxilados
- AA Apolares: Los AA hidrocarbonados y aromáticos

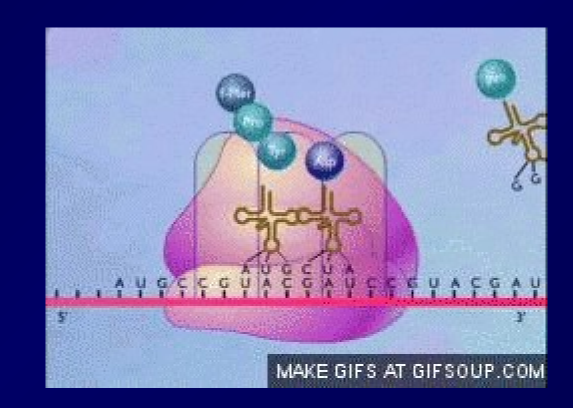
Por su requerimiento

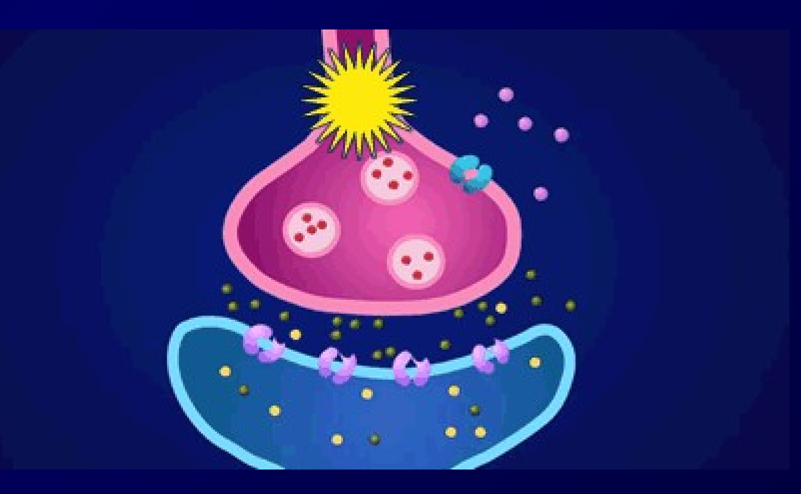
- AA Esenciales: Thr, Lys, Leu, His, Trp, Met, Val, Ile y Phe
- AA No-esenciales: Ala, Arg, Asp, Asn, Cys, Glu, Gln, Gly, Pro, Ser y Tyr

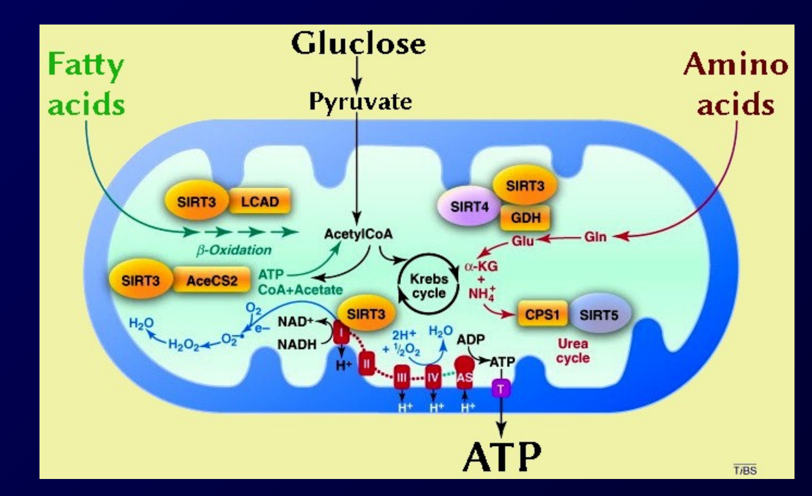
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuáles son las funciones de los Aminoácidos?

- Estructural
  - Con 20 aminoácidos diferentes se construyen las > 10^5 Proteínas (en los humanos) de 10^2 a 10^4 aa de largo
- Mensajera
  - Existen mensajeros químicos de naturaleza aminoacídica. Aspartato, Glutamato, Glicina, GABA...
- Energética
  - Los aminoácidos (aa) almacenan energía de último recurso. Si no hay otra fuente, se destruyen proteínas y los aa liberados se queman generando ≈ 5.4 Kcal/g



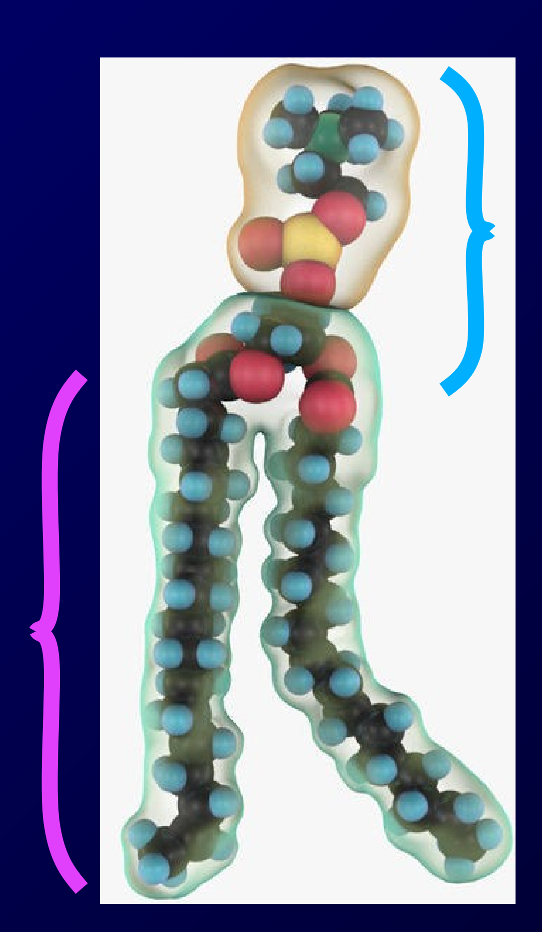




¿Qué son los Lípidos (grasas)?

- **Son PMO anfipáticas de naturaleza química diversa** (*anfi-* = 2, *pat-* = tendencia)
- **Una parte de la molécula es afín al agua (hidrofílica) y otra le repele (hidrofóbica)**
- **La Región hidrofílica tiene átomos electronegativos (O, N, P) o monosacáridos que forman puentes de Hidrógeno y la R. hidrofóbica es un Hidrocarburo.**

O, N, P y -OH



Región hidrofílica

Región hidrofóbica

Cadenas hidrocarbonadas (siempre # par de C)

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cómo clasificamos a los Lípidos?

- **Lípidos Simples (solamente C, H y O)**
  - **Ácidos Grasos. Hidrocarburos de cadena larga y un grupo -COOH**
  - **Triglicéridos. ésteres de ácidos grasos con polialcoholes como la glicerina → $\lesssim$150 mg/dL**
  - **Céridos. Ésteres de ácidos grasos con alcoholes de cadena larga**
- **Lípidos complejos (además N, P y monosacáridos)**
  - **Glucolípidos. Lípidos con monosacáridos (*gluco*- = azúcar)**
    - **Cerebrósidos. Con galactosa o glucosa**
    - **Gangliósidos. Con oligosacáridos**
  - **Fosfolípidos. Lípidos con grupos fosfato $(PO_4)^{3-}$**
- **Lípidos no saponificables (no formadores de jabón)**
  - **Esteroides. Semejantes al colesterol. $[colesterol]_s \lesssim$ 200 mg/dL de sangre**
  - **Terpenos. Oligopolímeros de la PMO isopreno. Clorofila, carotenos, vitaminas A, E, K...**
  - **Eicosanoides. Son Ácidos grasos poliinsaturados de 20 Carbonos: DHA, EPA y AA.**

Otras clasificaciones de los Lípidos

Por la naturaleza de sus cadenas HC (siempre # par de C)

- L. Saturados
  - Con puros enlaces simples C-C. Consumir $\leq$ 7% de la E_t
- L. No-saturados (insaturados)
  - Con $\geq$ 1 doble enlace C=C, Consumir $\leq$ 30% de la E_t
    - L. Monoinsaturados. Sólo 1 enlace doble C=C
    - L. Poli-insaturados: > 1 C=C
    - Grasas Trans: Consumo nulo por cardiotóxicas

Por el grupo químico que une a los ácidos grasos

- L. Bacterianos (ésteres): Con el grupo -C=OO-C-
- L. Arqueales (éteres): Con el grupo -C-O-C-, ≈105° C

Por su requerimiento

- Lípidos Esenciales: Ácido Linoleico (Ω6), linolénico (Ω3) y deriv.
- Lípidos No-esenciales: Todos los demás elaborados por las células

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuáles son las funciones de los Lípidos?

- **Energética**
  - Son la principal reserva de energía química a muy largo plazo. 9 Kcal/g
- **Estructural**
  - Con lípidos se autoensamblan las membranas celulares
- **Señalización**
  - Los lípidos llevan mensajes entre células o participan en cascadas de señales de la membrana hacia el núcleo celular.



M en C Rafael Govea Villaseñor

ORGANIC FUNCTIONAL GROUP INTERCONVERSIONS

ALKANE
Cracking (variety of products)
H_2, Ni cat., 150°C, 5 atm
ALKENE
O_2, Ag cat., 250-300°C, 10-20 atm (ethene only); other alkenes: RCO_3H in CH_2Cl_2
EPOXIDE
Polymerisation
ADDITION POLYMER
Halogen & UV light
Hydrogen halide (aq), room temperature
Hot, conc. KOH, alcoholic solution
Conc. H_2SO_4
H_2O, warm
Steam, 300°C, 60 atm, conc. H_3PO_4 cat.
Al_2O_3, 300°C, or conc. H_2SO_4, reflux
ALKYL HYDROGENSULFATE
H_2SO_4, heat (1° alcohols only)
ETHER
ACID ANHYDRIDE
R—X
HALOALKANE
NaOH (aq), reflux
R—OH
ALCOHOL
1° only: $Cr_2O_7^{2-}$, H^+, distil
$NaBH_4$ (aq, heat) or $LiAlH_4$ (ether)
ALDEHYDE
$Cr_2O_7^{2-}$, H^+, reflux
KCN, ethanolic solution, reflux
Conc. NH_3, heat in sealed tube
2° only: $Cr_2O_7^{2-}$, H^+, reflux
$NaBH_4$, alcoholic or alkaline aq. solution, heat; or $LiAlH_4$ in dry ether
KETONE
P_2O_5, distil
H_2O, reflux
ROH (anhydrous), reflux
1° only: $Cr_2O_7^{2-}$, H^+, reflux
$LiAlH_4$ in dry ether
CARBOXYLIC ACID
R—C≡N
NITRILE
H^+ (aq), H_2O, reflux
$LiAlH_4$ (ether)
H_2SO_4 & heat
R—NH_2
AMINE
P_2O_5, distil
H_2O & acid/base catalyst
ACYL CHLORIDE
H_2O
$SOCl_2$, PCl_3 or PCl_5, reflux
Reflux, H^+ or OH^-
ROH, conc. H_2SO_4 cat.
$LiAlH_4$ (ether)
AMIDE
Conc. NH_3, room temp. (gives 1° amide)
RNH_2, reflux (gives 2° amide)
ROH, room temp.
ESTER
NH_3, reflux (gives 1° amide); RNH_2, reflux (gives 2° amide)

REACTIONS KEY

- ADDITION
- SUBSTITUTION
- OXIDATION
- REDUCTION
- ELIMINATION
- HYDROLYSIS
- ACYLATION
- ESTERIFICATION
- OTHER





M en C Rafael Govea Villaseñor